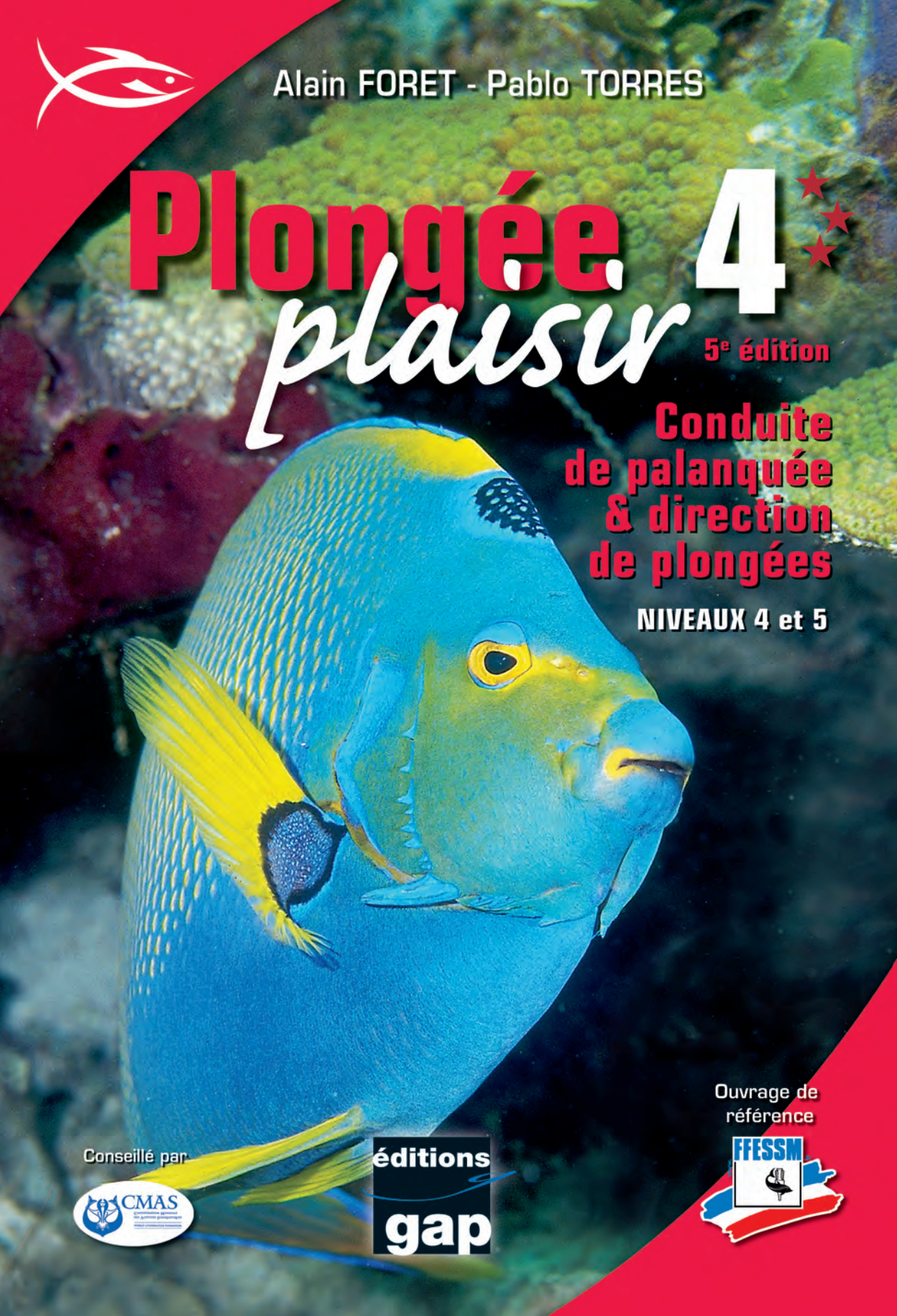

Alain FORET - Pablo TORRES
Plongée plaisir 4★
5e édition
Conduite de palanquée & direction de plongées
NIVEAUX 4 et 5
Ouvrage de référence
FFESSM
Conseillé par
CMAS
éditions gap

Remerciements

Comité d'experts :

Dr Raymond Sciarli, Conseiller scientifique de la FFESSM ; Dr Bruno Grandjean, Président de la Commission médicale et de prévention FFESSM ; Dr Frédéric Di Meglio, MF2, Instructeur National ; Claude Duboc, BEES2, Instructeur National.

Pour le label « ouvrage de référence FFESSM » :

Jean-Louis Blanchard, BEES3, Instructeur National, Président de la CTN ; Jean-Marc Broner, BEES3, Instructeur National ; Muriel Carin, MF2, Instructeur National ; René Cavallo, Directeur Technique National (DTN) ; Didier Chassin, MF2, Instructeur National ; Christian Ferchaud, BEES2, Instructeur National ; Daniel Huron, MF2, Instructeur National ; Claude Martin, BEES3, Instructeur National ; Jean-Pierre Montagnon, MF2, Instructeur National ; Alain Néri, BEES2, Instructeur National.

Pour le label « ouvrage conseillé CMAS » :

Achille Ferrero, Président de la CMAS.

Nous tenons aussi à remercier tout particulièrement :

Marcel Abouzit, Jean-Luc Besqueut, Jacques Borelli, Jean Cabaret, Jean-Louis Dindinaud, Roland Dumonsseau, Pierre Dunac (Président de la commission juridique), Michel Gauchet, Dr André Grousset (médecin fédéral national), Jean-Pierre Jacob, Christian Jaffard, Pascal Le Cointre, Sylvie Leurette, Daniel Mell, Jean-Pierre Montseny, Bernard Nowak, Claude Ollivier, Denis Rançon, Florent Roux, Jo Vrijens, Guy Zonberg.

Ainsi que :

Eric Bahuet, Jean Bonnefis, Patrice Bourdelet, Dr Michel Bru, Gilbert Chambon, Jean-Luc Cœurdacier, Jean-Pierre Darnaudery, Nathalie Dauriat, Denis Esclangon, Sylvie et Frédéric Flambard, Marie Foret, Rafaël Gonzàlez, Serge Lenglet, Xavier Mangin, Frédéric Maxant, Claudine Moureau-Fabre, Olivier Nicolas, Jean-Yves Piquet.

Et les associations ou organismes suivants :

Bauer (Marseille), CIP Collioure, Club de la Favière, Comptoir des Sports (Marseille), Ecole de Plongée Carnon, Les Illes (L'Estartit), Navicom (Cédric Seguin), Palanquée news (Palavas), Octopus (Palavas), Scubapro-Uwatec France, Sub Plongée (Hyères).

Crédits photographiques

(h : haut ; b : bas ; c : centre ; g : gauche ; d : droite)

Toutes les photographies sont de Pablo TORRES à l'exception de :
AP Valves and Ambient Pressure Diving : 114 hd ; Famille Borelli : 279hc ; Marie Borre : 291hc ; Clouzot/CMAS : 298hd ; Documentation FFESSM (revues Etudes et Sports Sous-Marins, Subaqua…) : 252, 256, 279, 289, 290, 299 ; FFESSM/Morelli : 279bg, 290bd ; FFESSM/Thierry Ferrière et Jean-Pierre Chaspoul : 320 ; FFESSM/Serge de Sazo : 298gc ; Alain Foret : 43, 45, 78, 79, 82, 209, 230, 240, 255, 267, 291g, 291d, 360 et tableaux d'André Leclerc, collection Alain Foret : 183, 185, 263, 264 ; FQAS : 298bg ; La pression barométrique, Paul Bert : 182 ; Mannesmann Industries SA : 265c ; Mares : 217c, 220hg, 220hd – Page 288 : photographies de Daniel Blin, Marc Debatty, Michel Dune, Jean-Pierre Joncheray, Jean-Michel Oyhenart, Christian Pierrot, Franck Vasseur ; Navicom : 238, 323 ; Oceanic : 216bd, 220bg ; Pierre Martin-Razi : 281, 298bd ; Pierre Perraud (collection) : 298dc ; Scubapro-Uwatec France : 213, 216b, 217b, 220hc, 227hd, 229b ; Suunto : 216h, 217h, 220bc, 220bd, 229h.
Claude MARTY : 171b ; Oceanic : 85 ; Henri POULIQUEN : 141b ; Denis PORACCHIA : 148h, 148b, 149h Scubapro-Uwatec France : 19cd, 38, 39hd, 83, 85, 95h ; Suunto : 85

Sommaire

Remerciements 4
Crédits photographiques 4
Introduction 7
Préface 8
Mode d'emploi 9

UL 1 : Prérogatives du guide de palanquée 11
- La plongée en France 11
- Les niveaux en plongée 14
- FFESSM : reconnaissance des brevets d'autres organismes 16
- Le directeur de plongée 20
- Prérogatives du plongeur niveau 4 25
- Le guide responsable 28

✔ **Test de connaissances n° 1 ..... 41**

UL 2 : Guider sa palanquée 45
- La conduite de palanquée 45
- L'orientation 48
- Flottabilité et équilibre 54
- Notions élémentaires sur les techniques de relevage 64
- Vision subaquatique 67
- Animaux à risques potentiels 74
- Approche des espèces sous-marines 79
- Protection de la nature 85

✔ **Test de connaissances n° 2 ..... 90**

UL 3 : Incidence de la plongée sur le système nerveux 95
- Description et fonctionnement 96
- Réflexes et automatismes 99
- Prévention de la narcose à l'azote . 100
- Stress et plongée 104
- Prévention de la crise d'hyperoxie... 107
- Prévention de la syncope hypoxique 114
- « Samba » 117

✔ **Test de connaissances n° 3 ..... 119**

UL 4 : La plongée sollicite le système cardio-vasculaire 122
- Le cœur 122
- Les vaisseaux sanguins 124
- Le sang : un transporteur 125
- La circulation du sang 127
- Foramen ovale perméable 131
- Déshydratation et plongée 133
- Froid et thermorégulation 135

✔ **Test de connaissances n° 4 ..... 140**

UL 5 : Plongée et système respiratoire 142
- Les voies aériennes supérieures 142
- Les voies aériennes inférieures 144
- La mécanique ventilatoire 145
- Consommation d'air et autonomie 148
- Les alvéoles 151
- Les risques de surpression pulmonaire 152
- Les risques de noyade 156
- Les échanges gazeux 159
- Les risques d'essoufflement (CO_2) .. 161

✔ **Test de connaissances n° 5 ..... 166**

UL 6 : Oreilles et plongée 170
- Description 170
- Audition 171
- Fonction d'équilibre 171
- Manœuvres d'équipression 172
- Les risques en plongée 176

✔ **Test de connaissances n° 6 ..... 180**

UL 7 : La désaturation 182
- Une histoire des procédures de désaturation 182
- Les modèles de désaturation 184
- Utilisation des tables MN90-FFESSM 199
- Les ordinateurs d'aide à la désaturation 209
- Plonger en lacs d'altitude 223
- Les risques d'accidents de désaturation 232

✔ Test de connaissances n° 7 246

UL 8 : Les appareils sous pression .. 251
- Les compresseurs..... 251
- Les bouteilles tampons 259
- Les bouteilles de plongée 263
- Les détendeurs 270

✔ Test de connaissances n° 8 276

UL 9 : La FFESSM 278
- Historique 278
- L'organisation fédérale 280
- La Commission Technique Nationale 288
- Les organismes déconcentrés..... 293
- Comités régionaux et interrégionaux FFESSM 294
- La FFESSM, membre fondateur de la CMAS 295

✔ Test de connaissances n° 9 299

UL 10 : Aider à l'organisation des plongées 301
- L'embarcation : règles et matériel de sécurité 301
- Navigation et sites de plongée 306
- Les nœuds 313
- Anatomie d'un bateau 318
- RIFAP : réactions et interventions face à un accident de plongée 319

✔ Test de connaissances n° 10..... 326

L'examen de plongeur niveau 4 328
- Organisation générale..... 328
- Les groupes d'épreuves 328
- Groupe 1 : épreuves de condition physique 330
- Groupe 2 : plongée en scaphandre 332
- Groupe 3 : théorie et connaissances générales 333
- Référentiel de formation 333
- Préparation physique du plongeur . 342

Derniers conseils aux guides de palanquée 347

Diriger des plongées d'exploration (Niveau 5) 348
- Prérogatives et réglementation 349
- Choisir le lieu de plongée 352
- Organiser et gérer les plongées..... 354
- Prévention et secours 357

✔ Test de connaissances n° 11..... 358

Pour en savoir plus 361

Unités de mesure et facteurs de conversion 362
Arrêté du 22 juin 1998 modifié 363
Table des fiches aide-mémoire 369
Glossaire 370
Index thématique 372
Références bibliographiques 375
Collection Plongée Plaisir 378
Destinations plongée 379
Manuel de plongée au Nitrox 380
Tables de décompression pour la plongée au Nitrox 380
Tables de décompression MN90..... 380
Le guide de la plongée Tek 381
Livres édités et distribués par les Editions GAP 382

Introduction

« Bonjour ! Vous allez bien ?
– Très bien !
– Ce matin la météo est bonne, nous allons plonger sur l'épave du Dalton, coulée au pied de l'îlot du Planier, au large de Marseille. Sophie et Frédéric, vous êtes maintenant niveau 2, je vous confie à Fabrice, guide de palanquée. Je crois que vous avez tous un ordinateur ?
– Oui.
– C'est l'idéal pour cette plongée. Ce cargo est en grande partie démoli mais il abrite une importante faune. Vous verrez sur l'arrière, à un peu plus de 30 mètres de fond, de superbes gorgones. Commencez par là, puis remontez progressivement et finissez votre plongée le long du tombant. N'oubliez pas d'indiquer à Fabrice, votre guide de palanquée niveau 4, lorsque vous serez à mi-pression (100 bars) et remontez en surface avec au moins 30 à 50 bars dans la bouteille. Quant à toi, Fabrice, pense à vérifier les instruments.
– Bonjour Sophie ! Bonjour Frédéric !
– Bonjour Fabrice !
– C'est la première fois que vous plongez sur cette épave ?
– Oui.
– Je vais vous raconter son histoire. Le Dalton, construit en 1877, est un vapeur de 72 mètres de long. Lors du naufrage, il bat pavillon anglais avec un équipage Grec et transporte 1 500 tonnes de minerai de plomb. Il est parti quelques jours plus tôt de Laurion en Grèce. Dans la nuit du 18 au 19 février 1928, par mer belle et brume épaisse, le lieutenant Logothetis fait ramener la vitesse à 3 nœuds et guette la lumière du phare du Planier. Le temps passe, le phare n'est toujours pas visible. L'inquiétude grandit. A 2 h 10 du matin, c'est le choc, brutal, sur le rocher du Souquet. L'eau s'engouffre. Il est trop tard pour sauver le navire. Il coule en 45 minutes. Les rayons horizontaux du phare, à plus de 60 mètres de hauteur, n'ont pas pu traverser l'exceptionnelle épaisseur de brume [2]. Si vous souhaitez plus d'informations, un livre est à votre disposition à bord.
– Merci !
– Nous allons donc finir de nous équiper. Vous vous mettrez à l'eau après moi et nous descendrons le long du mouillage. Soyez vigilants, ne descendez pas plus bas que moi, n'entrez pas dans l'épave, faites attention aux tôles coupantes. Vous avez des questions ?
– Aucune, on a hâte de la voir.

[50 minutes plus tard]

– C'est génial ! Quelle vie à bord de cette épave ! Heureusement que tu nous as montré où regarder, il faut vraiment fouiner dans tous les coins et recoins.
– Tu replonges avec nous cet après-midi ?
– Je ne crois pas, je dois accompagner des plongeurs de niveau 1. Je vous souhaite une bonne plongée et n'oubliez pas de noter vos paramètres pour cet après-midi.
– A bientôt. »

Ce dialogue met en évidence les principales prérogatives attachées au niveau 4.
Au-delà de sa propre autonomie avec d'autres plongeurs niveau 3 ou niveau 4, c'est un guide de palanquée qui accompagne des débutants, des niveau 1 et des niveau 2.
Ce rôle particulier nécessite d'approfondir vos connaissances sur :

- vos prérogatives et les normes de sécurité liées à l'activité ;
- les phénomènes liés à l'immersion (flottabilité, incidence sur l'autonomie en air…) ;
- le corps humain en plongée (systèmes nerveux, circulatoire, ventilatoire…) ;
- les procédures et mécanismes de décompression (tables et ordinateurs) ;
- le matériel (détendeurs, compresseurs…) ;
- sans oublier le monde subaquatique, afin que vous communiquiez aux membres de vos palanquées le plaisir de la plongée et l'amour de la mer.

AIDE-MÉMOIRE

PLONGÉE PLAISIR

Le certificat médical

Durée de validité maximale : 1 an (directives FFESSM)
sauf prise régulière de médicaments, opération chirurgicale, accidents, etc., ce qui nécessite une nouvelle visite médicale.

Au sein de la FFESSM	Médecin fédéral	Médecin spécialisé	Médecin du Sport	Médecin généraliste	Commentaires
Baptême	*aucun certificat médical exigé (sauf handicapés moteurs)*				
Première licence	✓	✓	✓	✓	Non-contre-indication à la pratique de la plongée subaquatique
Plongées d'exploration	✓	✓	✓	✓	
Passage du niveau 1	✓	✓	✓	✓	
Passage du niveau 2 et brevets supérieurs	✓	✓	✓		
Compétition	✓	✓	✓		Non-contre-indication à la pratique des activités subaquatiques en compétition
Jeunes plongeurs (8 - 14 ans)	✓	✓			8 à 12 ans : le médecin peut décider d'une périodicité de visite inférieure à 1 an
Reprise après accident	✓	✓			Visa commission médicale et de prévention régionale
Handicap moteur	✓	✓			Visa commission médicale et de prévention régionale

Il est fortement conseillé que le certificat médical soit rédigé sur un formulaire type avec, au verso, la liste des contre-indications. Formulaire disponible sur www.ffessm.fr.
Il est également fortement conseillé de faire appel à un médecin connaissant précisément les risques de l'activité : médecin fédéral, médecin spécialisé.

MÉDECIN SPÉCIALISÉ : diplôme interuniversitaire de médecine subaquatique et hyperbare ; diplôme universitaire de médecine de plongée ; diplôme universitaire de médecine de plongée professionnelle ; diplôme universitaire de médecine subaquatique.

FSGT :	Certificat médical de non-contre-indication. Il est vivement conseillé aux plongeurs pouvant évoluer dans l'espace lointain de consulter des médecins au fait des problèmes de l'hyperbarie. Pour les enfants, il est demandé une visite annuelle auprès d'un médecin du sport.
SNMP :	Un certificat médical de non-contre-indication est vivement conseillé.
ANMP :	Un certificat médical de non-contre-indication est vivement conseillé. Pour les handicapés, il est conseillé de s'adresser à un médecin connaissant parfaitement les handicapés et la plongée.

Prérogatives du plongeur niveau 4

Plongeur de niveau 4, vous cumulez les prérogatives d'un **plongeur autonome** (niveau 3) et celles **d'un guide de palanquée en exploration**, pour des plongeurs moins expérimentés.
A ces prérogatives s'ajoutent des cas particuliers, avec la possibilité d'effectuer des baptêmes en milieu artificiel et de surveiller des plongeurs niveau 1 en autonomie, sous certaines conditions.

Le niveau 4 plongeur autonome

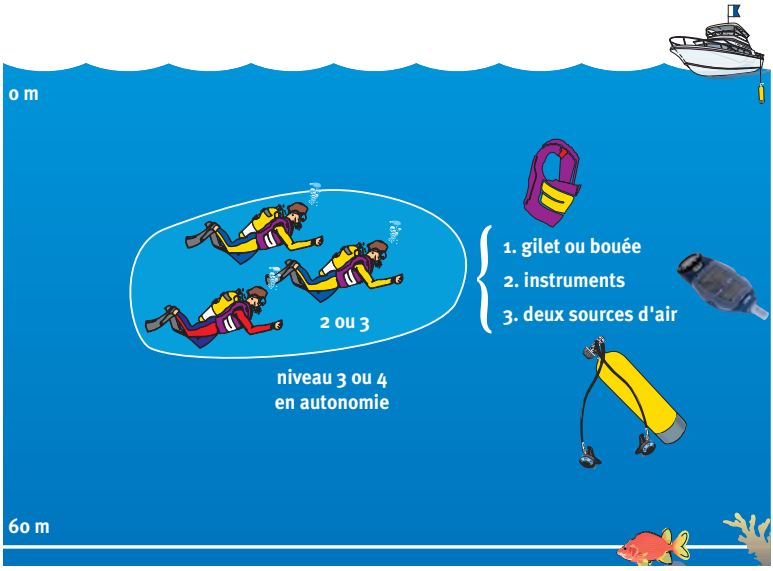
En tant que plongeur niveau 4 en autonomie, vous disposez des mêmes prérogatives qu'un plongeur niveau 3[8] :

- vous pouvez plonger en autonomie avec 1 ou 2 autres niveau 3 minimum, entre 0 et 60 m, après accord et sous la responsabilité d'un directeur de plongée ;
- en l'absence d'un directeur de plongée, vous pouvez plonger entre niveaux 3 ou 4 et donc choisir le lieu, organiser la plongée et en définir les paramètres.

Dans le cadre de ces plongées, vous devez disposer, au minimum, du matériel nécessaire à toute plongée en autonomie (art. 7, arrêté du 22 juin 1998 modifié) :

- un *« système gonflable au moyen de gaz comprimé […] permettant de regagner la surface et de s'y maintenir »* (gilet) ;
- des *« moyens de contrôler personnellement les caractéristiques de la plongée et de la remontée »* : il s'agit de l'ensemble tables-montre-profondimètre ou d'un ordinateur ;
- un *« équipement de plongée permettant d'alimenter en gaz respirable un équipier sans partage d'embout »* (deux sources d'air).

8. Voir *« Plongée plaisir : niveau 3 »*, mêmes auteurs, Ed. GAP.



En autonomie : mêmes prérogatives pour les plongeurs de niveau 3 ou niveau 4.

L'équipement du guide de palanquée

En milieu naturel, les guides de palanquée doivent disposer d'un équipement minimum (art. 10) :

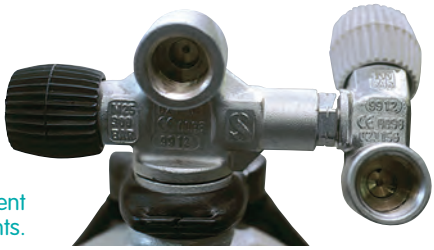
1. « Un système gonflable au moyen de gaz comprimé leur permettant de regagner la surface et de s'y maintenir ». Généralement, il s'agit du gilet avec un direct-system.

2. « Les moyens de contrôler **personnellement** les caractéristiques de la plongée et de la remontée de leur palanquée ». Profondimètres (timers), tables et montres répondent à cette exigence. Si vous utilisez un ordinateur, pour gérer la décompression de toute la palanquée, ayez à l'esprit que cet instrument suit le profil exact du plongeur, contrairement aux tables qui considèrent un profil « carré ». Vous devez donc vous assurer qu'**à aucun moment** de la plongée, un des plongeurs n'a évolué à une profondeur supérieure à la vôtre. Dans tous les cas, il est souhaitable de prendre une marge de sécurité et d'effectuer des plongées restant largement dans la courbe des plongées sans palier.

3. « Un équipement de plongée muni de deux sorties indépendantes ». La bouteille utilisée par le guide doit disposer de deux sorties indépendantes. En cas de fuite sur l'un des robinets pendant la plongée, il faut pouvoir le refermer sans perdre tout l'air disponible et assurer ensuite sa remontée sur la seconde sortie d'air. Cela rend inutilisables les raccords proposés par certains fabricants, qui permettent, à partir d'une seule sortie d'air, d'effectuer une dérivation vers deux premiers étages de détendeur.

Un gilet avec direct-system.

Des instruments de mesure des paramètres…



Les robinets doivent être indépendants.

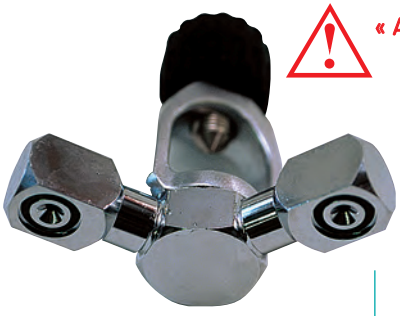
4. « Deux détendeurs complets » : le guide de palanquée doit disposer de deux détendeurs complets (premier et deuxième étages), branchés chacun sur une des deux sorties de la bouteille.

Où fixer le détendeur de secours ?

Un détendeur de secours se caractérise par :

- **Une identification rapide :** pour cela, les fabricants prévoient des deuxièmes étages aux couleurs vives.

- **Un accès immédiat :** il existe différents systèmes de fixation, vous devez trouver celui qui vous correspond le mieux. Dans tous les cas, les systèmes consistant à coincer le détendeur dans les poches du gilet sont à prohiber. L'idéal est que vous puissiez vous en saisir **rapidement** en cas d'urgence sans même le voir, et qu'un plongeur en panne d'air puisse aussi s'en emparer rapidement, sans vous le demander. Un détendeur libre de toute entrave, fixé au niveau de la poitrine, répond à ces deux exigences.



« Attention, danger ! »

Ces raccords ne répondent pas aux exigences de la réglementation française pour les guides de palanquée.

Deux détendeurs complets, avec un deuxième étage de secours aux couleurs vives pour une identification rapide.

Différents systèmes de fixation pour les détendeurs de secours.

Test de connaissances n° 1

12. Pour la pratique de la plongée, la FFESSM rend un certificat médical obligatoire.
- a) vrai
- b) faux

13. Un certificat médical est obligatoire pour la délivrance de la première licence.
- a) vrai
- b) faux

14. Quel est le type de certificat médical demandé en plongée de loisir ?

15. Dans le cas général, quelle est la durée de validité du certificat médical ?

16. Un certificat médical est-il nécessaire pour un baptême ?

17. Un guide de palanquée est responsable du déroulement de la plongée.
- a) vrai
- b) faux

18. A partir de quel âge est-il possible de plonger à la FFESSM ?
- a) 6 ans
- b) 7 ans
- c) 8 ans
- d) 9 ans

19. Les honoraires concernant une visite médicale préventive pour la pratique d'un sport ne sont pas remboursés par la Sécurité Sociale.
- a) vrai
- b) faux

20. Quel est l'âge minimum pour accéder au niveau 1 de plongeur ?

21. Sous quelles conditions des plongeurs de niveau 2 peuvent-ils être autonomes ?

22. A quoi correspond un encadrant de niveau 2 (E2) ?
- a) un plongeur niveau 2 + initiateur
- b) un plongeur niveau 4 + initiateur
- c) un stagiaire pédagogique
- d) un moniteur 1er degré (MF1/BEES1)

23. Expliquez la notion d'espaces d'évolution.

24. Indiquez, de manière détaillée, les prérogatives d'un plongeur de niveau 4 (P4) en milieu naturel.

25. Quels brevets sont accessibles à partir du niveau 4 de plongeur (P4) ?

26. Quelle est la définition d'une palanquée ?

27. Qu'est-ce qu'une équipe de plongeurs ?

28. Que signifie pour vous la phrase : « le guide de palanquée s'assure que les caractéristiques de la plongée sont adaptées aux circonstances et aux compétences des pratiquants » ?

29. Quel est l'équipement obligatoire pour un guide de palanquée ?

30. Quelle différence faites-vous entre responsabilité pénale et responsabilité civile ?

31. Quelle responsabilité peut être assurée ?

Test de connaissances n° 1

32. Qu'est-ce qu'une assurance « de personne », appelée aussi « individuelle » ?

33. Une assurance dite « de personne » n'est pas obligatoire mais il faut obligatoirement informer chaque pratiquant de l'intérêt de souscrire un tel contrat.
a) vrai
b) faux

34. L'assurance proposée par la FFESSM est valable :
a) dans le monde entier
b) en France
c) en Europe

35. Qu'évoque pour vous la notion de « mise en danger d'autrui » ?

36. Selon vous, que signifie la phrase « être astreint à une obligation de moyens » ?

37. Qu'est-ce que la CMAS ?

38. Au sein de la FFESSM, quelle distinction est faite entre un moniteur et un instructeur ?

39. En France, quel organisme s'occupe de la protection et de la recherche des biens culturels ?

40. Avec votre palanquée, vous trouvez une amphore. Que faites-vous ?

Une badèche (Cabo de Palos, Espagne).

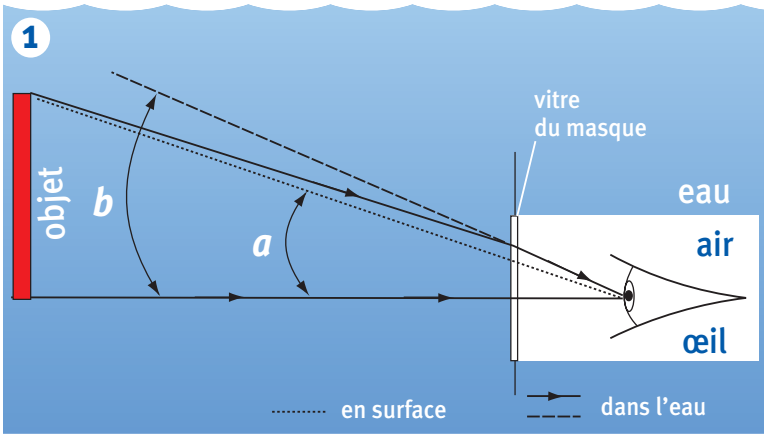
Sous l'eau, avec un masque

Une vision déformée

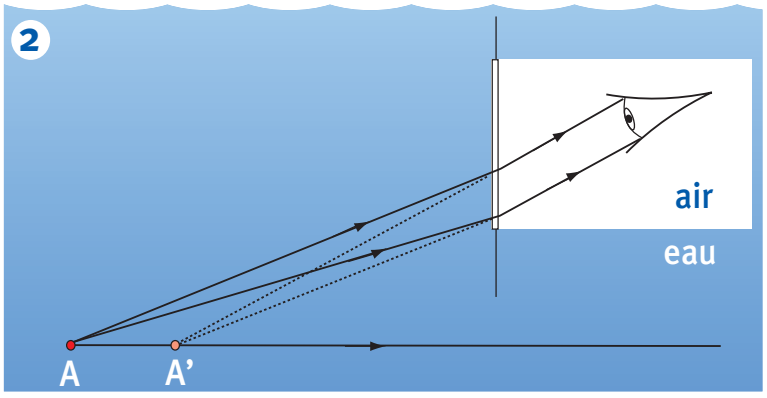
Lorsqu'un plongeur utilise un masque, la lumière traverse deux milieux différents : l'eau puis l'air. Au passage de l'un à l'autre, les rayons sont **déviés**, on parle de **réfraction**. Cela a deux conséquences [6, 7] :

1. L'angle sous lequel nous voyons les objets dans l'eau est plus grand que celui sous lequel nous les verrions à l'air libre. Il y a donc **grossissement** (facteur 4/3).
2. Il y a raccourcissement de la distance apparente. Les objets apparaissent **rapprochés** (facteur 3/4).

Avec un masque, la vision est nette mais les objets apparaissent grossis et rapprochés.



En surface, l'objet est vu sous l'angle ***a***. Dans l'eau, les rayons subissent une déviation à leur arrivée dans l'air du masque. L'œil perçoit alors l'objet sous l'angle ***b*** (grossissement).



Diminution de l'angle de champ du système optique, le point ***A*** est vu en ***A'*** (rapprochement).

Schémas d'après « *La Plongée* », GERS, Arthaud.

Un champ de vision rétréci

La taille de la jupe du masque et la distance la séparant de l'œil ont pour effet de rétrécir le champ de vision. Ce phénomène, qui se constate déjà à l'air libre, est accentué en immersion.
Nos calculs ont montré que le champ de vision sous l'eau avec des masques standards du marché est réduit de 50 % à 70 % par rapport à celui constaté en surface, sans masque. Il passe ainsi d'environ 180 degrés d'angle à des valeurs de l'ordre de 120 à 90 degrés en plongée. Ce rétrécissement se produit sur les côtés mais aussi en dessous et au dessus.
Les incidences en plongée sont multiples :

- Pour regarder autour de soi, tourner la tête ne suffit pas, il faut pivoter sur soi. La position des plongeurs que vous encadrez est donc essentielle par rapport à la vôtre, afin d'éviter d'incessants tours d'horizon.
- Trouver les purges de son gilet, son détendeur, son manomètre se fait généralement sans possibilité de voir ces instruments. Si cette recherche est un automatisme pour les plongeurs confirmés, ce n'est pas encore le cas chez des plongeurs récemment formés.
- Les signes de communication doivent être effectués bien en face du masque, sous peine de ne pas être vus.
- De jour, les signaux lumineux (appel avec une lampe) ne seront perçus que s'ils sont dirigés en face du plongeur et non sur le côté.

LENTILLES DE CONTACT

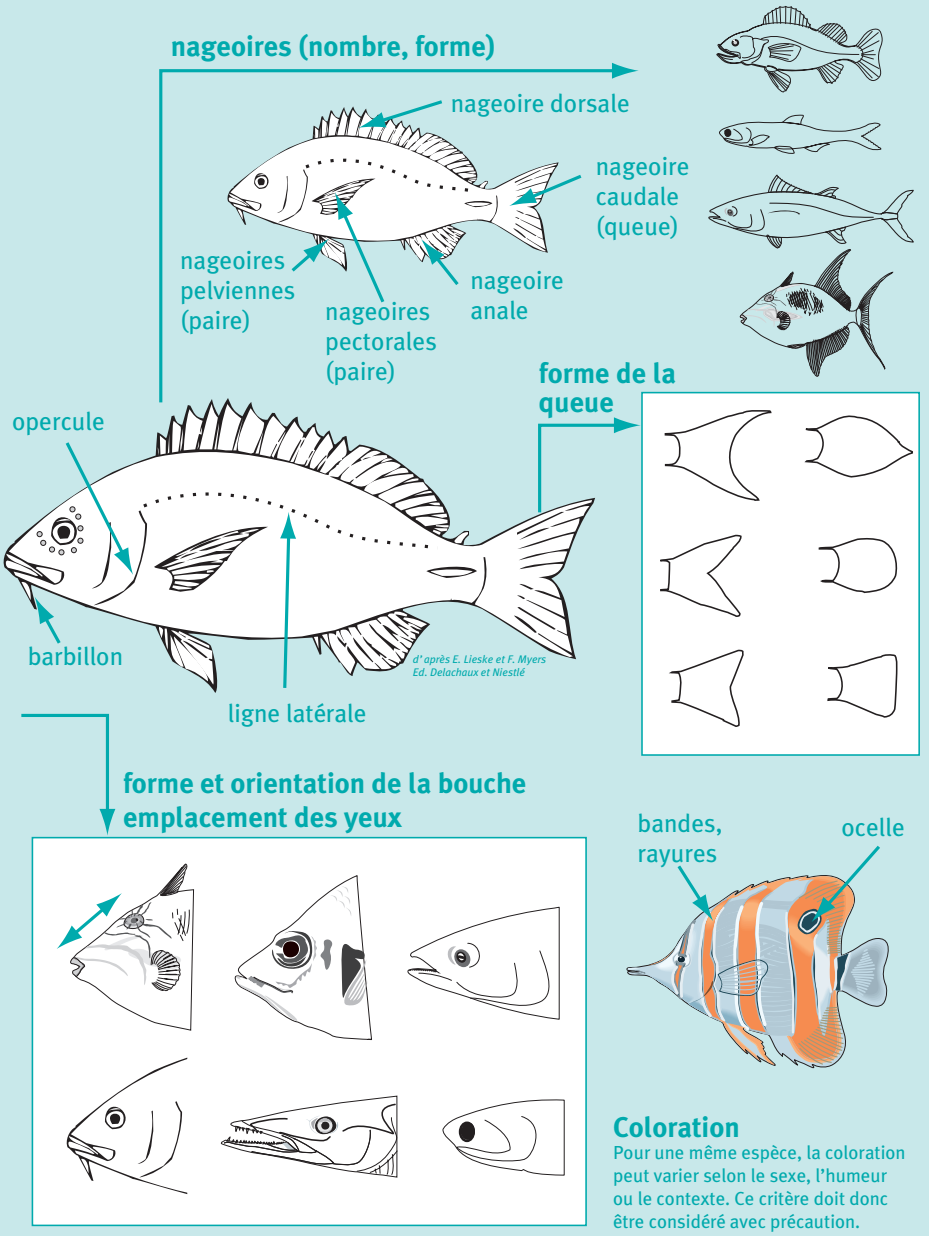
En plongée, il est possible d'utiliser des lentilles souples et, plus particulièrement, des lentilles journalières jetables. Dans ce cas, il est conseillé de se rincer systématiquement les yeux, après chaque plongée, avec du sérum physiologique.

Placage de masque

Au cours de la descente, l'air emprisonné dans le masque se comprime. Si le plongeur n'ajoute pas d'air en soufflant par le nez, la jupe du masque se déforme jusqu'à sa limite d'élasticité. Au delà, un effet ventouse peut provoquer des hématomes au visage, en particulier aux yeux.
En tant que guide de palanquée, vous devez être vigilant avec les plongeurs peu expérimentés que vous encadrez. Soyez attentif durant la descente, observez le visage du plongeur dans le masque et, si nécessaire, demandez-lui de souffler par le nez.

Clefs d'identification des espèces

L'identification des espèces nécessite un regard exercé. Il faut pour cela noter les points clefs qui caractérisent les poissons : la forme et l'orientation de la bouche, le nombre et la forme des différentes nageoires, des éléments caractéristiques tels que rayures, ocelle, etc.



Coloration

Pour une même espèce, la coloration peut varier selon le sexe, l'humeur ou le contexte. Ce critère doit donc être considéré avec précaution.

Protection de la nature

Lorsque l'on parle de *protection de la nature*, il s'agit d'une intention, d'un but à atteindre, pas d'une réalité à ce jour. Celle-ci est bien différente : c'est la destruction de la nature, essentiellement due au mode de vie des populations. Les solutions sont complexes. Car, si chaque citoyen est sensible à cette nécessaire protection, le salarié souhaite du travail, le consommateur attend des produits toujours plus performants, le touriste exige un certain confort, même à l'autre bout du monde.
La prise de conscience de chacun se heurte donc à son quotidien, il y a loin de l'intention à l'acte.
Tout l'enjeu des prochaines décennies consiste à savoir si nous sommes prêts à changer de mode de vie pour passer d'un **développement destructeur** à un **développement durable**.

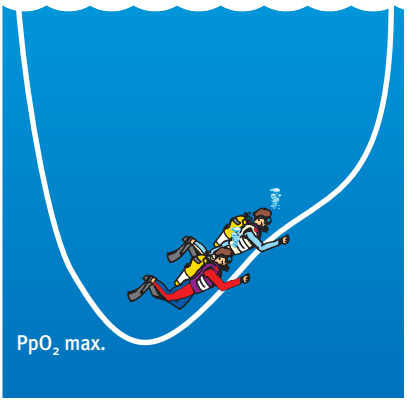
La cause des causes : le nombre

Surpopulation et concentration !

Depuis 1910, la population a plus que triplé. Nous étions 5,42 milliards en 1992, nous serons probablement 10 milliards en 2030.
A cette explosion démographique s'ajoute un phénomène de concentration sur les bandes côtières. Aux Etats-Unis, 53 % des habitants vivent sur 10 % du territoire, à moins de 80 km des côtes. En France, 10 % de la population réside sur une frange littorale représentant moins d'un millième du territoire. Mondialement, la moitié de la population vit à moins de 50 km des côtes [9]. De nombreux écologistes s'accordent à penser qu'il s'agit de la cause fondamentale de nos maux. Ce phénomène de concentration/destruction, nous le connaissons en plongée, par exemple sur les côtes égyptiennes de mer Rouge. Destination touristique par excellence, plusieurs milliers de plongeurs s'immergent chaque jour sur des zones réduites, là où quarante ans plus tôt, seuls quelques dizaines de privilégiés y avaient accès. Les fonds, bien qu'encore attrayants, subissent de nombreuses dégradations.

Au bord d'un étang, en 2004 !

Il est conseillé de ne pas passer toute sa plongée au seuil de PpO_2 max.



Conduite à tenir

La phase d'alarme étant souvent peu perceptible, toute plongée à risque d'hyperoxie doit vous inciter à être à l'écoute de votre corps pour percevoir d'éventuels signes avant-coureurs : crampes, tremblements, etc. Dans ce cas, l'action doit être immédiate : **vérifiez votre profondeur, remontez éventuellement de quelques mètres ou interrompez votre plongée.** Sans action adéquate, le plongeur peut entrer en crise d'hyperoxie. Il lui est alors impossible de maîtriser la situation. Le rôle des membres de la palanquée et du guide devient primordial. Il faut s'assurer qu'il ne risque pas de se noyer puis attendre des conditions favorables pour remonter :

- La première des réactions consiste donc à saisir la personne pour lui **maintenir l'embout en bouche** (le sien ou celui d'un détendeur de secours si la qualité du mélange respiratoire est respectée) afin d'éviter tout risque de noyade.
- Il faut ensuite rejoindre **progressivement** la surface en respectant les procédures de décompression et en veillant à la ventilation (risque de surpression pulmonaire si l'assisté est en apnée), sans lâcher l'embout, y compris en surface. De retour sur le bateau, vous pouvez déséquiper l'accidenté, le sécher, le couvrir et préparer un couchage pour qu'il puisse s'endormir et récupérer. Dans tous les cas, le plongeur doit être évacué et confié à une équipe médicale spécialisée.

Cela étant, la meilleure des solutions consiste à ne jamais y être confronté, en appliquant précisément toutes les règles de prévention.

En cas d'hyperoxie, une prise efficace, qui protège aussi le sauveteur.

Prévention

La prévention d'une crise d'hyperoxie en plongée passe par :

- le **contrôle** de la teneur en oxygène du gaz respiré (Nitrox) ;
- une **identification précise** des bouteilles concernées ;
- le **strict respect de la profondeur** maximale d'évolution.

Crise d'hyperoxie et paliers à l'oxygène pur

Certaines procédures prévoient d'effectuer des paliers à l'oxygène pur afin de réduire les temps de décompression tout en améliorant le confort de la plongée.
Afin d'éviter une crise d'hyperoxie, il ne faut jamais dépasser **6 m de profondeur**, soit une pression partielle d'oxygène de 1,6 bar.

Crise d'hyperoxie et plongées au Nitrox
(bouteilles et recycleurs)

Nitrox est un terme issu de la contraction de *NITRogen*, azote en anglais, et *OXygen*. Il s'agit d'un air enrichi en oxygène[23] (et donc appauvri en azote) qui permet de **limiter les risques d'accidents de décompression** tout en diminuant la fatigue en fin de plongée. La proportion d'oxygène du mélange impose une profondeur plancher à ne pas dépasser, sous peine de risquer une crise d'hyperoxie.
En France, la FFESSM propose des qualifications spécifiques accessibles dès le niveau 1.
Un mélange Nitrox se caractérise par deux nombres (ex. 32/68).
Le premier indique le pourcentage d'oxygène, le second celui d'azote.

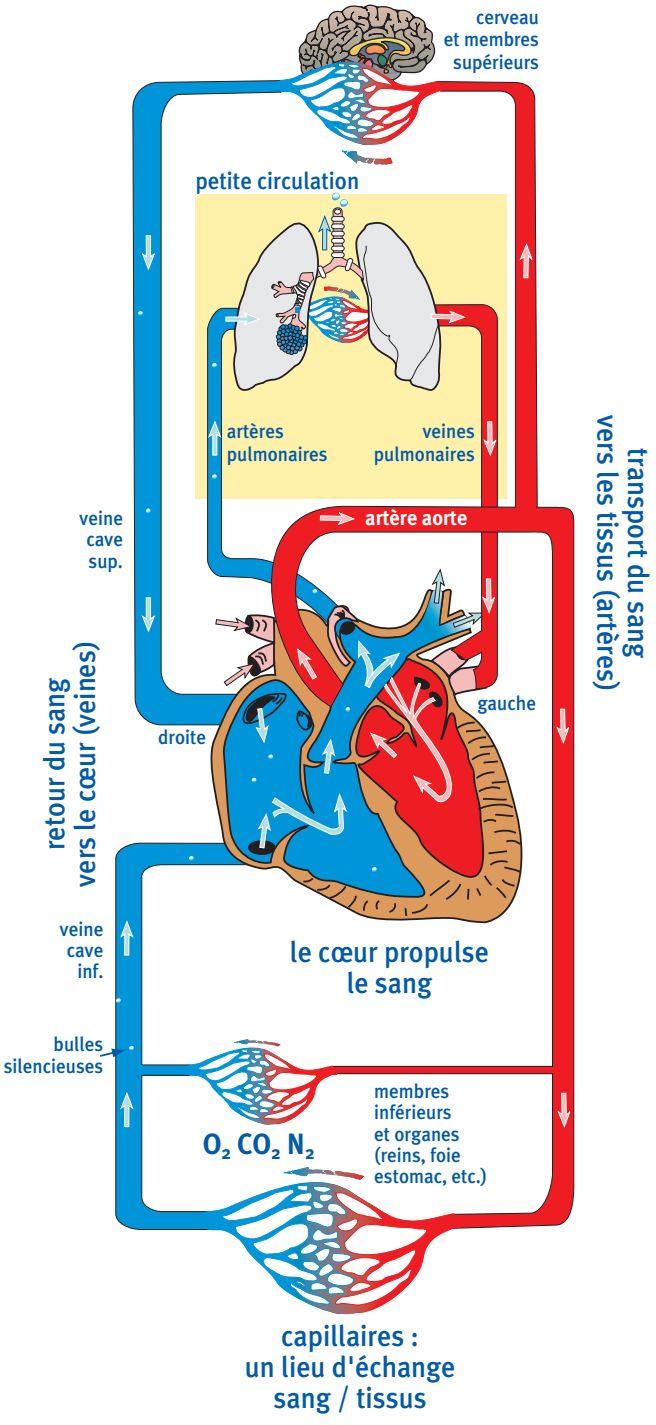
En tant que guide de palanquée[24], vous devez être capable de faire quelques calculs élémentaires concernant ce type de plongées et en particulier :
- vérifier la profondeur plancher à ne pas dépasser en fonction du pourcentage d'oxygène dans le mélange ;
- déterminer le mélange Nitrox à utiliser en fonction de la profondeur maximum prévue ;
- calculer la profondeur équivalente pour des plongées à l'air.

Profondeur plancher

Prenons le cas de Sylvie et Pierre, deux plongeurs Nitrox niveau 2 utilisant du 36/64. Quelle profondeur plancher ne doivent-ils pas dépasser avec leur guide de palanquée, s'ils se fixent 1,6 bar comme seuil de toxicité de l'oxygène ?

Il ne faut jamais respirer d'oxygène pur au-delà de 6 m de profondeur. Les bouteilles d'oxygène doivent être identifiées précisément pour éviter toute erreur d'utilisation.

23. On peut parfois lire l'abréviation EAN qui signifie Enriched Air Nitrox.
24. Sous réserve de disposer de la qualification « Nitrox confirmé », vous pouvez encadrer des plongeurs niveau 1 et niveau 2 qui utilisent du Nitrox.



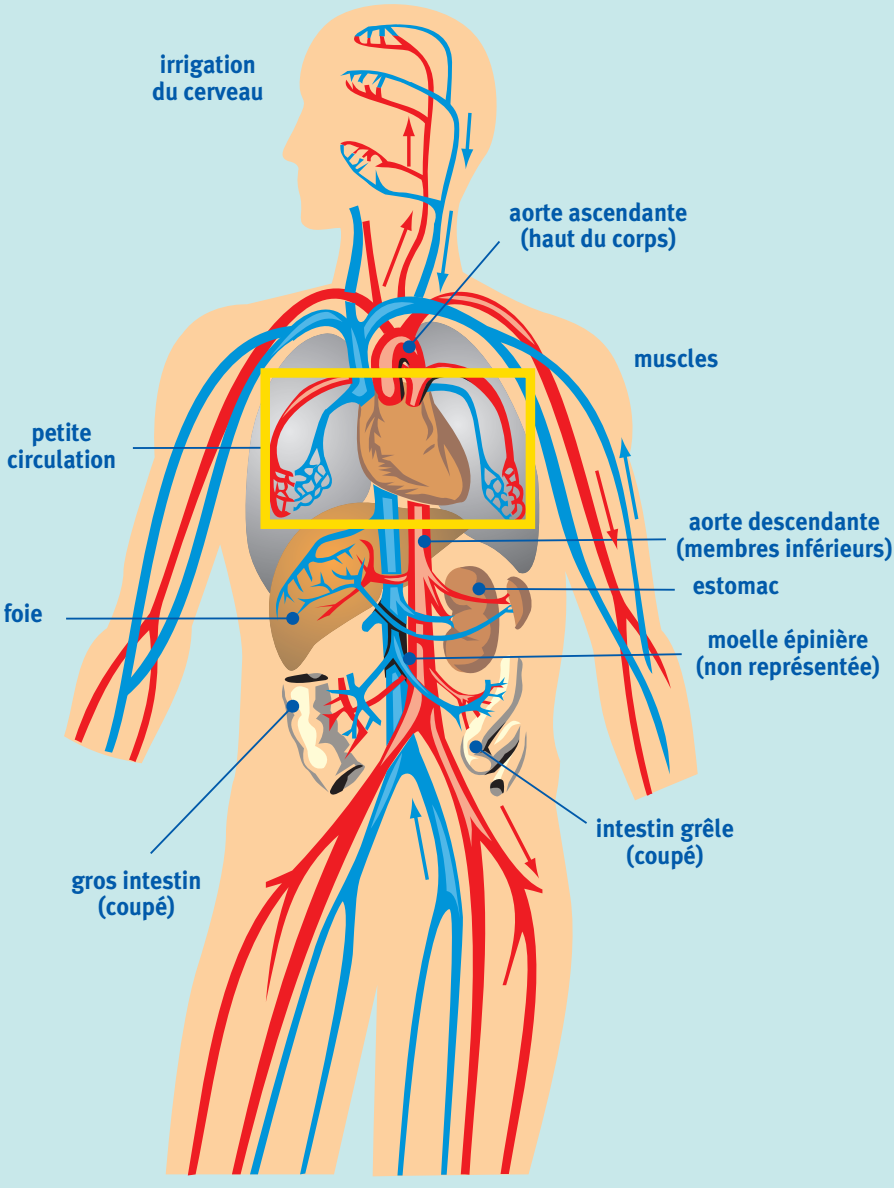
La grande circulation (schéma de principe).

La circulation générale

Appelée aussi *circulation systémique* ou *grande circulation*, elle parcourt tout le corps.
Le sang du **cœur gauche** est propulsé dans la crosse aortique. Les artères carotides l'acheminent vers le cerveau et les artères sous-clavières vers les membres supérieurs. L'aorte descendante irrigue les parties inférieures : moelle épinière, foie, reins, estomac, muscles des membres inférieurs, poumons, cœur [31], etc. Au niveau des **capillaires**, en contact avec les tissus, le sang libère de l'O_2 et récupère le CO_2 ainsi que les déchets produits. Il repart ensuite dans le circuit **veineux** pour déboucher dans le cœur droit par la veine cave et retourner alors dans la circulation pulmonaire.
En plongée, de l'azote est apporté aux tissus lors de la descente et pendant le séjour au fond.
A la remontée et dans les heures qui suivent une plongée, le phénomène s'inverse. L'azote en excès dans nos cellules passe dans le sang veineux. Toute phase de décompression génère alors des *bulles silencieuses* (voir ci-après).

31. Au-delà de la petite circulation, poumons et cœur sont des organes comme les autres, qui ont besoin des apports du sang pour vivre.

La circulation du sang (schéma d'ensemble)



Moelle épinière

Notez que le système **veineux** de la moelle épinière est à faible débit, ce qui crée des engorgements et pourrait expliquer en partie les accidents de décompression d'origine médullaire (voir les accidents de décompression).

AIDE-MÉMOIRE

PLONGÉE PLAISIR

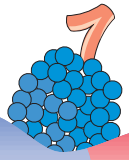
Essoufflement et échanges gazeux

Pressions partielles des gaz selon les différents stades

Habituellement la quantité de CO_2 dans les alvéoles est maintenue constante par le jeu de la ventilation.

	Air expiré
O_2	0,16
CO_2	0,04
N_2	0,73
Vapeur d'eau	0,06

en surface (1 bar)



	Air inspiré
O_2	0,21
CO_2	*traces*
N_2	0,79
Vapeur d'eau	*variable*

en surface (1 bar)

	Sang "bleu"	Air alvéolaire	Sang "rouge"
O_2	0,05	0,13	0,13
CO_2	*0,06*	*0,05*	0,05
N_2	0,75	0,75	0,75
Vapeur d'eau		0,06	

en surface (1 bar)

Notez la très faible différence (gradient) de pression partielle de CO_2 entre le sang "bleu" et l'air alvéolaire. Toute rétention de CO_2 au niveau alvéolaire réduit ce gradient et perturbe donc l'élimination du CO_2

Le CO_2 est produit par l'organisme

cellules des tissus

A 40 m (5 bars)

	Air inspiré	Sang "bleu"	Sang "rouge"	Air alvéolaire	Air expiré
O_2	1,05				
CO_2	*traces*	*0,06*	0,05	*0,05*	0,04
N_2	3,95				

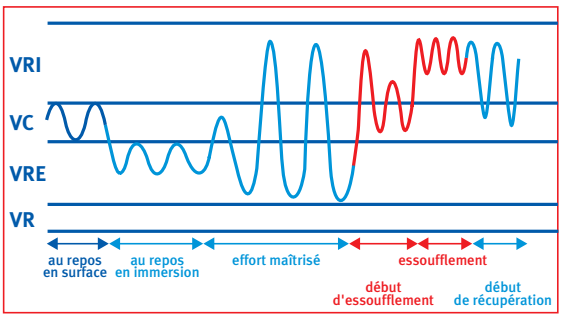
Oxygène et azote proviennent de l'air de la bouteille. Leur pression partielle augmente avec la profondeur.

Le CO_2 étant produit par l'organisme, sa pression partielle est indépendante de la profondeur (à effort comparable)

SPIROGRAMME

(approche simplifiée)

Lors d'un essoufflement, la ventilation devient superficielle.



L'unité de valeur retenue est le bar. En médecine, ces données sont présentées en millimètres de Mercure (mmHg). 1,013 bar vaut 760 mmHg. Données converties en bar à partir des informations de Claude Duboc, revue Subaqua n° 172.

Causes et facteurs favorisants

Les facteurs principaux [51] à l'origine d'un seuil d'apparition précoce de l'essoufflement en plongée sont :

- l'augmentation de la masse volumique (viscosité) de l'air : un litre d'air pèse 1,2 g au niveau de la mer, contre plus de 6 g à 40 m, ce qui augmente le travail et la fatigue des muscles respiratoires ;
- l'augmentation de l'espace-mort des voies aériennes et les résistances du détendeur à l'inspiration et à l'expiration, ce qui a tendance à favoriser l'accumulation du gaz carbonique.

En dehors d'une erreur de gonflage, toujours possible mais rare, les causes principales d'un essoufflement sont :

1. Un **effort** inadapté (mauvaise condition physique) ou trop important, par exemple pour lutter contre le courant.
2. Des facteurs d'ordre **émotif** tels que peur ou angoisse avec déclenchement d'une hyperventilation. Cela peut être favorisé par la profondeur, des eaux troubles, sombres ou agitées.
3. Un manque de maîtrise **technique** (palmage, lestage, position inconfortable du fait de l'équipement).
4. Un **détendeur** mal réglé, trop dur à l'inspiration ou à l'expiration (ou bien une bouteille mal ouverte).
5. Le **froid**, qui favorise une ventilation superficielle.

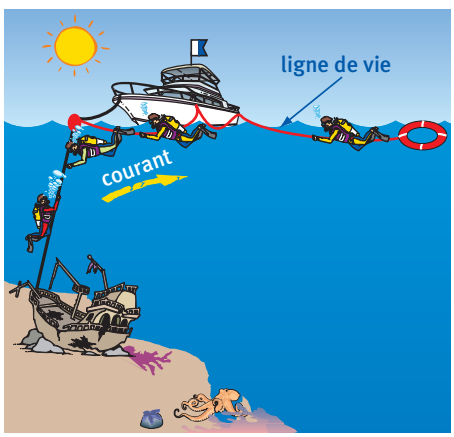
Prévention

Pour éviter tout essoufflement avec les plongeurs que vous encadrez, voici quelques conseils :

- Lors de la mise à l'eau, phase parfois stressante pour certains, ne vous précipitez pas. Laissez les membres de la palanquée reprendre leur souffle en surface avant de descendre. Tout essoufflement en surface ne peut que s'aggraver au fond, du fait de l'augmentation de la densité de l'air.
- S'il y a du courant, aidez-vous d'une ligne de vie pour rejoindre le mouillage et adaptez votre exploration. Faites comme les poissons, mettez-vous à l'abri du courant derrière des rochers chaque fois que cela est possible.
- Adaptez votre palmage au niveau des plongeurs que vous guidez.
- Suivez régulièrement la consommation d'air de vos équipiers.
- Soyez attentif aux bulles produites par les plongeurs. Une grande quantité de bulles expirées à un rythme élevé doit immédiatement vous alerter.

APNÉE DE CONTRÔLE

Pour anticiper un éventuel essoufflement, il est possible de réaliser des apnées de contrôle : sur une expiration et **en maintenant son niveau d'immersion**, rester en apnée quelques secondes. Si cela vous pose des difficultés, réduisez immédiatement votre effort et insistez sur l'expiration.



Une « ligne de vie » : pour éviter de s'essouffler. N'hésitez pas à la demander à votre directeur de plongée si nécessaire.

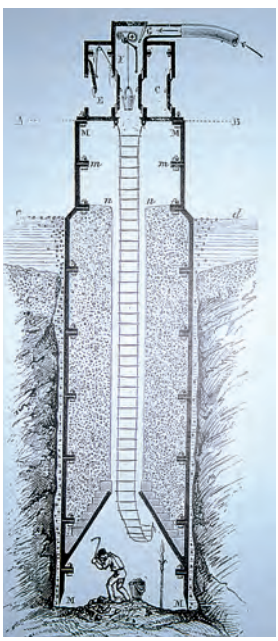
UL7
La désaturation

Les premières tables de plongée remontent à un siècle (1908-2008). Autant dire que les mécanismes de la désaturation constituent un domaine relativement récent. C'est pour nous l'occasion de faire le point sur ce sujet : modèles de décompression, utilisation particulière des tables (oxygène au palier ou en surface, altitude), ordinateurs, risques de la désaturation.
Mais pour commencer revenons aux fondements historiques.

Une histoire des procédures de désaturation

Paul Bert (1833-1886), « fondateur de la physiologie du scaphandrier ».

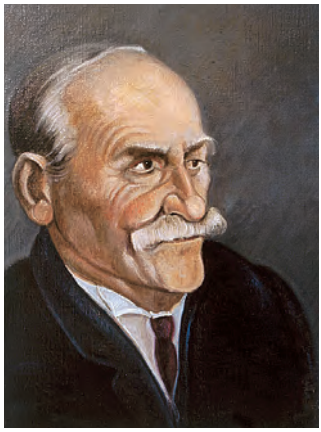
Si l'immersion en apnée remonte sans doute à la Préhistoire, si les Grecs de l'Antiquité étaient tournés vers la mer et le monde sous-marin, la respiration d'air sous pression est une activité relativement récente dont les premiers comptes rendus datent de 1755 [58]. Mais c'est surtout le milieu du XIXe siècle avec les grands ouvrages (ponts, puits houillers) qui voit se propager de nouvelles techniques où les ouvriers sont soumis à des pressions supérieures à notre atmosphère. Les appareils Triger, présentés à l'Académie des Sciences en 1841, permettent d'employer de l'air comprimé, pour évacuer l'eau, lors du forage des puits ou du fonçage de piles de ponts. Ainsi, les ouvriers travaillent au sec, mais en milieu hyperbare, sous une pression de deux à quatre atmosphères plusieurs heures par jour. Ils remontent ensuite, sans autre précaution. Un mal mystérieux, le « mal des caissons », commence à frapper certains travailleurs. Le premier rapport date de 1846. Rédigé par l'ingénieur Blavier, lors de travaux dans les mines de Douchy (Nord), il indique : *« Nous avons ressenti dans le côté droit des douleurs […] qui nous ont tenu engourdis pendant quatre à cinq jours ».*



« Emprunté à la thèse du Dr Foleÿ, schéma représentant le fonçage d'une pile de pont par les tubes à air comprimé », extrait de *La pression barométrique*, Paul Bert.

L'année suivante, les docteurs Pol et Watelle établissent le premier mémoire médical [59] sur la question. Ils constatent des difficultés respiratoires, des douleurs musculaires très vives, une accélération du pouls, des accidents cérébraux et dans les cas extrêmes : coma et mort. Pour les mêmes séjours sous pression, certains individus n'ont aucun symptôme, d'autres sont gravement atteints, d'autres enfin voient leur mal disparaître de lui-même.
Pol et Watelle résument la situation en rapportant la phrase employée par les ouvriers sur les chantiers : *« On ne paye qu'en sortant »*.
Impuissante, la médecine avance des explications qui n'en sont pas, par exemple en attribuant la cause de ce mal « au refroidissement qui accompagne la détente de l'air » [60]. D'autres, comme Brizé-Fradin, parlent de « cette force inconnue ».
Certains médecins y voient les conséquences de congestions pulmonaires, hépatiques, rénales ou cérébrales.
A ce stade, bien que remise en cause par Paul Bert dans certaines de ses conclusions, la thèse de Bucquoy apporte une contribution importante [61], en mettant en évidence les effets fâcheux de la décompression, par la création de bulles, du fait de l'***air*** préalablement dissous.

Parallèlement, l'invention du scaphandre à casque par Auguste Siebe en 1819, amélioré par Cabirol en 1856, puis complété par le régulateur Rouquayrol et Denayrouze vers 1865, facilite les travaux sous-marins (corail, éponges, perles, récupération d'objets…) et augmente donc le nombre de scaphandriers en exercice. Constatant de nombreux accidents, Auguste Denayrouze préconise de *« ne pas dépasser 35 mètres, de ne pas séjourner plus de 2 heures 30 minutes, par plongeur et par jour, et enfin de remonter très lentement en mettant une minute par mètre de profondeur »* [62]. Il donne ainsi des renseignements précieux, complétés par la thèse de médecine d'Alphonse Gal sur les « dangers du travail dans l'air comprimé et des moyens de les prévenir », soutenue à Montpellier le 19 juillet 1872.
Paul Bert prend connaissance de tous ces travaux et témoignages, réalise ses propres expériences et édite, en 1878, un ouvrage capital : *La pression barométrique*.
Il y apporte les explications scientifiques qui faisaient défaut, met en évidence le **rôle spécifique de l'azote** (et non de l'air comme l'indiquait Bucquoy), ouvrant ainsi la voie à une décompression plus sûre.
A propos des accidents de décompression, il précise : *« On les préviendra, le bon sens l'indique et l'expérience le prouve, par une décompression suffisamment ralentie »*.
La procédure est efficace : en 1900, deux plongeurs (Hill et Greenwood) remontent sans dommage de 50 mètres de profondeur à une vitesse de 0,5 m/min *(expérience de Heller, Mager et Schrotter)*.
Mais les temps de remontée deviennent très longs, et malgré tout, des accidents persistent.


John Scott Haldane (1860-1936)

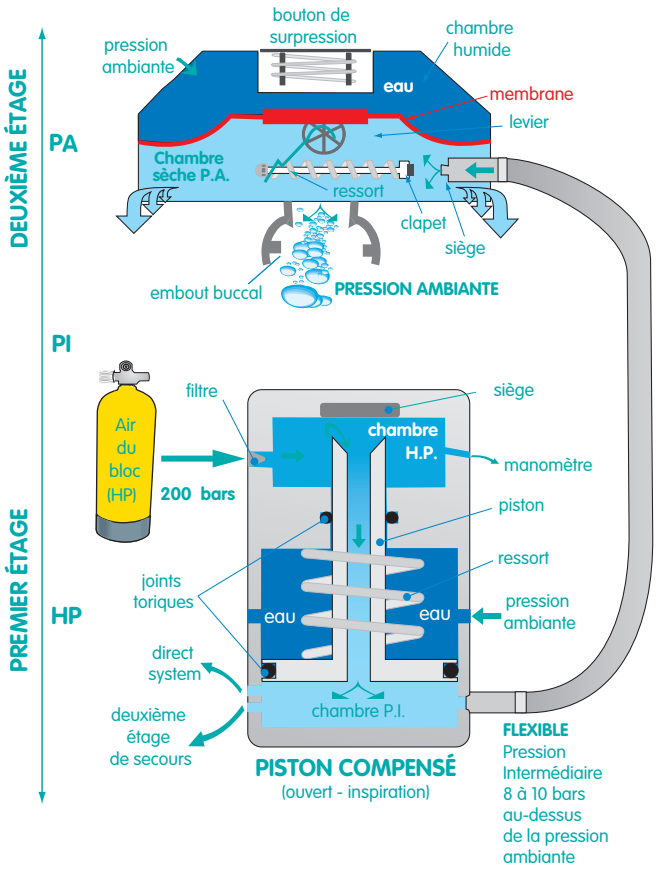
La Marine anglaise décide alors de confier à John Scott Haldane (un physiologiste et philosophe Anglais reconnu pour ses travaux sur la respiration) la mise au point de règles de sécurité assurant le retour sans incident à la pression atmosphérique. Avec son équipe (Arthur E. Boycott, Guybon C. Damant), il travaille pour le « Comité de la plongée profonde » et propose, en 1908 *(Journal of hygiene*, volume 8, 1908), une table de remontée par paliers, retenue par la Royal Navy qui l'utilise jusqu'en 1958. Très vite, de nombreux pays l'adoptent à leur tour, certains élaborant par la suite leurs propres tables (exemple, US Navy, GERS…).

Les détendeurs

Principe de fonctionnement

Un détendeur permet de « détendre » l'air comprimé du bloc. Sur les détendeurs actuels, cette opération s'effectue en deux étapes.
Le **premier étage** détend l'air haute pression (HP) pour l'amener à une pression intermédiaire (PI) de l'ordre de 8 à 10 bars (avec des extrêmes de 5 à 14 bars) au-dessus de la pression ambiante.
Le **deuxième étage** détend à nouveau l'air à la pression intermédiaire pour l'amener à la pression ambiante.
Le principal intérêt d'un détendeur est donc de fournir de l'air :

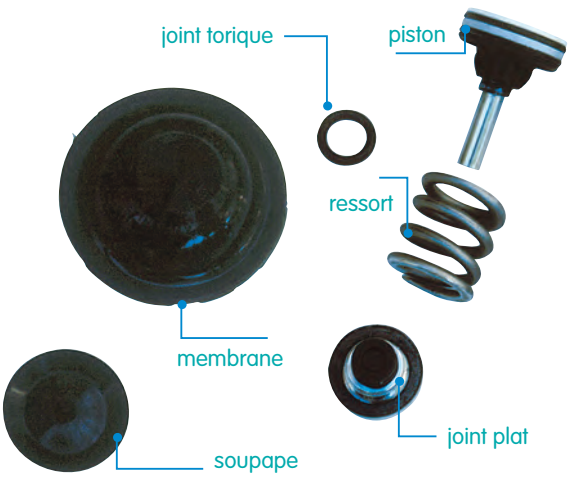
- sur simple demande du plongeur (inspiration) ;
- à la pression ambiante, quelles que soient la profondeur, la position du plongeur et les conditions d'utilisation.



Notions d'étanchéité

Pour éviter les fuites, on utilise :

- des joints dits « plats », généralement en Téflon, entre les différentes chambres : HP, PI, PA ;
- des joints toriques, des membranes ou des soupapes entre les chambres humides ou sèches. Les joints toriques ont la particularité de s'écraser sous la pression, pour une étanchéité parfaite.



Fonctionnement

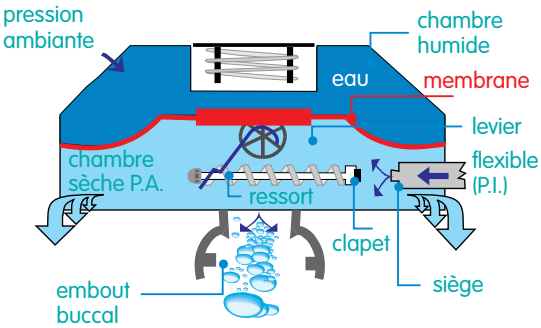
Lors d'une inspiration, l'air à la pression ambiante contenu dans le deuxième étage est utilisé par le plongeur.

La dépression créée dans la chambre sèche provoque une réaction en chaîne :

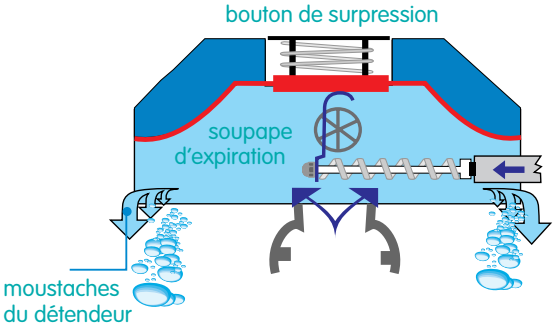
- abaissement de la membrane ;
- appui sur le levier ;
- mouvement du clapet qui s'écarte de son siège : l'air à la P.I. se détend dans le 2e étage.

Dans le 1er étage, la réaction en chaîne se poursuit :

- le piston se décolle du siège ;
- de l'air à haute pression pénètre dans le 1er étage et se détend à la P.I. ;
- lorsque l'inspiration cesse, les forces s'équilibrent dans le 2e et le 1er étage, provoquant la fermeture des mécanismes.



Deuxième étage (inspiration)



Deuxième étage (expiration)

Risques de pannes au deuxième étage

Les pannes ou dysfonctionnements du deuxième étage se traduisent généralement par une entrée d'eau lors de l'inspiration.
Cela peut provenir de :

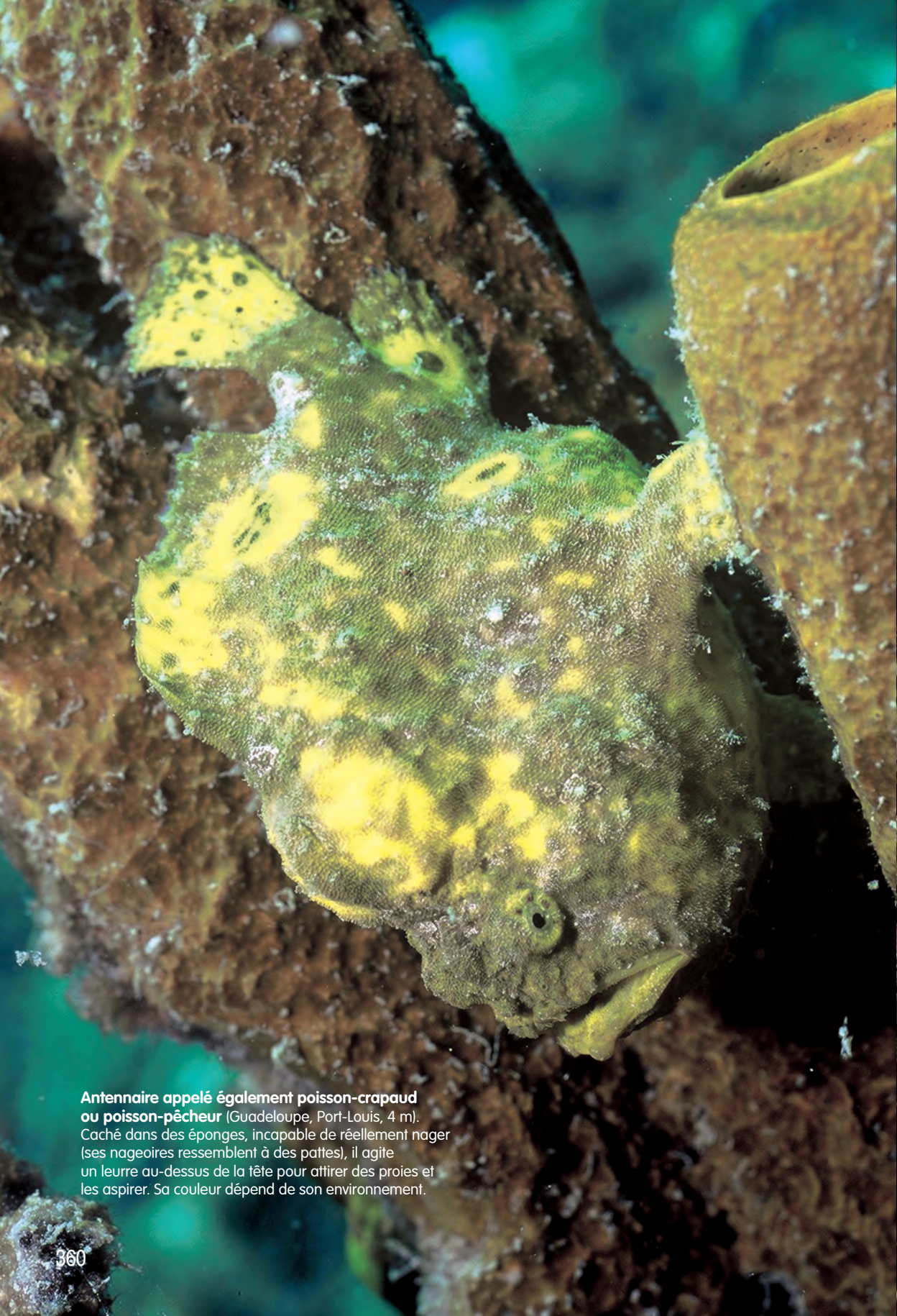
1. l'embout percé ou fendu ;
2. une membrane défectueuse ;
3. une fêlure du boîtier ;
4. une soupape d'expiration endommagée ou encrassée.

Il suffit de changer soi-même la pièce (embout), de la nettoyer (soupape encrassée) ou de confier la réparation à un spécialiste.

MISE EN DÉBIT CONTINU

Généralement, lorsque votre détendeur se met en débit continu, cela provient d'une mauvaise étanchéité au niveau du siège/clapet.

Confiez la réparation à un spécialiste.



Antennaire appelé également poisson-crapaud ou poisson-pêcheur (Guadeloupe, Port-Louis, 4 m). Caché dans des éponges, incapable de réellement nager (ses nageoires ressemblent à des pattes), il agite un leurre au-dessus de la tête pour attirer des proies et les aspirer. Sa couleur dépend de son environnement.

Pour en savoir plus

Plongée plaisir 4

5e édition

Conduite de palanquée & direction de plongées

NIVEAUX 4 et 5

Ce livre est l'ouvrage officiel de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins pour les formations de plongeur niveau 4.

Nous l'avons voulu résolument novateur dans la forme et sur le fond, avec une approche pédagogique nouvelle, fondée sur un lien étroit entre la pratique et la théorie au service de la découverte et de la protection du monde sous-marin.

Les plongeurs y trouveront l'une des meilleures approches de l'enseignement de la plongée au monde : celle de la FFESSM, reconnue dans plus de 100 pays par l'intermédiaire de la CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques).

Roland BLANC
Président de la FFESSM

TESTS de connaissances (plus de 375 exercices et solutions)

LA PRESSE EN PARLE...

« Novateur, tant sur la forme que sur le fond, complet, richement illustré de photos et de schémas, et agrémenté de nombreux exercices. » Océans

« Plongée Plaisir N4 et N5 est promis à une belle carrière amplement méritée... » Subaqua

« Saluons la grande clarté de cet ouvrage, tant de l'approche pédagogique efficace basée sur le bon sens et la sécurité, que celle des schémas et des illustrations. En un mot : bravo ! » Plongeurs International

« Une méthode pédagogique transversale proche de la pratique, facilitant la compréhension du lecteur. » Apnéa

9 782741 703563

éditions gap